

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

7

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-042983

(43)Date of publication of application : 13.02.1992

(51)Int.Cl.

H01S 3/18
H01S 3/085

(21)Application number : 02-147897

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 06.06.1990

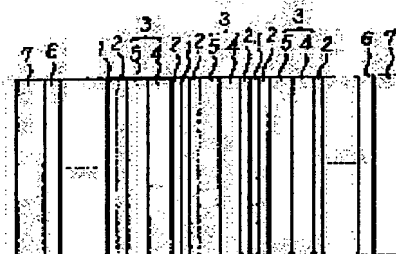
(72)Inventor : SUGIYAMA YOSHIHIRO
MUTO SHUNICHI
FUJII TOSHIO

(54) PHOTOSEMICONDUCTOR DEVICE AND MANUFACTURE THEREOF

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a photosemiconductor device capable of responding to an optical pulse train of an ultrashort time and having excellent high frequency responding characteristic by incorporating broken gap type hetero structure in a first quantum well; layer formed with a two-dimensional exciter by a light to be operated and a second quantum well layer formed through a barrier layer.

CONSTITUTION: Since an InAs/GaSb quantum well layer 3 made of a broken gap type hetero junction InAs layer 4 and a GaSb layer 5 is formed adjacent to an InGaAsSb quantum well layer 1 formed with a two-dimensional exciter to be operated, electrons and holes excited by the layer 1 are momentarily recombined in a broken gap type hetero boundary to the layer 5. Accordingly, an ultrahigh speed operation can be performed not only in a low exciting state but also under a high exciting condition.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平4-42983

⑮ Int. Cl.⁵

H 01 S 3/18
3/085

識別記号

庁内整理番号

9170-4M

⑭ 公開 平成4年(1992)2月13日

7630-4M H 01 S 3/08

S
審査請求 未請求 請求項の数 7 (全11頁)

⑬ 発明の名称 光半導体装置及びその製造方法

⑯ 特 願 平2-147897

⑰ 出 願 平2(1990)6月6日

⑱ 発 明 者 杉 山 芳 弘 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内
⑱ 発 明 者 武 藤 俊 一 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内
⑱ 発 明 者 藤 井 俊 夫 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内
⑲ 出 願 人 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
⑳ 代 理 人 弁理士 北野 好人

明 細 書

1. 発明の名称

光半導体装置及びその製造方法

2. 特許請求の範囲

1. 入射した光により2次元励起子が励起される第1の量子井戸層と、前記第1の量子井戸層を挟むバリア層と、前記バリア層を介して前記第1の量子井戸層に隣接する第2の量子井戸層とが周期的に形成されている超格子構造を有する光半導体装置において、

前記第2の量子井戸層が互いにヘテロ接合する第1及び第2の半導体層を有すると共に、前記第1の半導体層の伝導帯の下端が前記第2の半導体層の価電子帯の上端より下に位置するブロークンギャップ型ヘテロ構造を形成し、

前記第1の半導体層の電子基底準位が前記第1の量子井戸層の電子基底準位よりエネルギー的に低く、かつ前記第2の半導体層の正孔基底準位が

前記第1の量子井戸層の正孔基底準位よりエネルギー的に低く、かつ前記第1の半導体層の電子基底準位が前記第2の半導体層の正孔基底準位と同準位、もしくは伝導帯と価電子帯が重なり、

前記第1の量子井戸層に励起される電子及び正孔がそれぞれ前記バリア層をトンネルして前記第2の量子井戸層に移送されて、前記第2の量子井戸層の前記第1の半導体層と前記第2の半導体層とのブロークンギャップ型ヘテロ界面において再結合する

ことを特徴とする光半導体装置。

2. 請求項1記載の装置において、

前記第2の量子井戸層の前記第1の半導体層と前記第2の半導体層とが、前記第1の量子井戸層及び前記バリア層の積層方向に積層されている

ことを特徴とする光半導体装置。

3. 請求項1記載の装置において、

前記第2の量子井戸層の前記第1の半導体層と前記第2の半導体層とが、前記第1の量子井戸層及び前記バリア層の積層方向に対して水平方向に

特開平4-42983 (2)

周期的に形成されている

ことを特徴とする光半導体装置。

4. 請求項3記載の装置において、

前記第2の量子井戸層の周期的に形成されている前記第1の半導体層と前記第2の半導体層とが、それぞれ量子細線である

ことを特徴とする光半導体装置。

5. 請求項1乃至4記載のいずれかの装置において、

前記第1の量子井戸層と、前記バリア層と、前記第1及び第2の半導体層を有する前記第2の量子井戸層とが周期的に形成されている超格子の両側に、光学的鏡が設けられている

ことを特徴とする光半導体装置。

6. 基板上に、第1のバリア層を介して、入射した光により2次元励起子が励起される第1の量子井戸層を形成し、

前記第1の量子井戸層上に、第2のバリア層を形成し、

前記第2のバリア層上に、電子基底準位が前記

元励起子が励起される第1の量子井戸層を形成し、

前記第1の量子井戸層上に、第2のバリア層を形成し、

前記第2のバリア層の傾斜した表面上に、電子基底準位が前記第1の量子井戸層の電子基底準位よりエネルギー的に低い第1の半導体層と、正孔基底準位が前記第1の量子井戸層の正孔基底準位よりエネルギー的に低い第2の半導体層とを、ステップフローモードによって前記第1の量子井戸層及び前記バリア層の積層方向に対して水平方向に周期的に成長させ、前記第1の半導体層の伝導帯の下端が前記第2の半導体層の価電子帯の上端より下に位置するようにブローケンギャップ型ヘテロ接合している前記第1及び第2の半導体層の周期構造を有する第2の量子井戸を形成し、

前記第1のバリア層、前記第1の量子井戸層、前記第2のバリア層、並びに周期的に形成された前記第1及び第2の半導体層を有する前記第2の量子井戸層を1周期として繰り返し積層することにより、超格子を形成し、

第1の量子井戸層の電子基底準位よりエネルギー的に低い第1の半導体層と、正孔基底準位が前記第1の量子井戸層の正孔基底準位よりエネルギー的に低い第2の半導体層とを積層させることにより、前記第1の半導体層の伝導帯の下端が前記第2の半導体層の価電子帯の上端より下に位置するようにブローケンギャップ型ヘテロ接合している前記第1及び第2の半導体層からなる第2の量子井戸を形成し、

前記第1のバリア層、前記第1の量子井戸層、前記第2のバリア層、並びに積層された前記第1及び第2の半導体層を有する前記第2の量子井戸層を1周期として繰り返し積層することにより、超格子を形成し、

前記超格子上面に光学的鏡を設け、

前記基板をエッチング除去した後、前記超格子底面に光学的鏡を設ける

ことを特徴とする光半導体装置の製造方法。

7. 表面を所定の角度に傾斜させた基板上に、第1のバリア層を介して、入射した光により2次

元励起子が励起される第1の量子井戸層を形成し、

前記基板をエッチング除去した後、露出した前記超格子底面に光学的鏡を設ける

ことを特徴とする光半導体装置の製造方法。

3. 発明の詳細な説明

〔概要〕

光半導体装置に係り、特に非線形動作を行なう光半導体装置に関し、

ピーク強度の強い動作光又は被動作光に対して、自由電子又は励起子の励起による超格子層の屈折率の変化を高速度で行なうと共に、励起された自由電子を高速度移送して超格子層の屈折率の始状態への回復を早くする高速度動作ができ、従って超短時間の光パルス列に対しても応答することができ、高周波応答特性に優れた光半導体装置を提供することを目的とし、

入射した光により2次元励起子が励起される第1の量子井戸層と、前記第1の量子井戸層を挟む

特開平4-42983 (3)

バリア層と、前記バリア層を介して前記第1の量子井戸層に隣接する第2の量子井戸層とが周期的に形成されている超格子構造を有する光半導体装置において、前記第2の量子井戸層が互いにヘテロ接合する第1及び第2の半導体層を有すると共に、前記第1の半導体層の伝導帯の下端が前記第2の半導体層の価電子帯の上端より下に位置するブロークンギャップ型ヘテロ構造を形成し、前記第1の半導体層の電子基底準位が前記第1の量子井戸層の電子基底準位よりエネルギー的に低く、かつ前記第2の半導体層の正孔基底準位が前記第1の量子井戸層の正孔基底準位よりエネルギー的に低く、かつ前記第1の半導体層の電子基底準位が前記第2の半導体層の正孔基底準位と同準位、もしくは伝導帯と価電子帯が重なり、前記第1の量子井戸層に励起される電子及び正孔がそれぞれ前記バリア層をトンネルして前記第2の量子井戸層に移送されて、前記第2の量子井戸層の前記第1の半導体層と前記第2の半導体層とのブロークンギャップ型ヘテロ界面において再結合するよう

に構成する。

〔産業上の利用分野〕

本発明は光半導体装置に係り、特に非線形動作を行なう光半導体装置に関する。

近年、光-光スイッチ、光双安定装置、光-光メモリの開発が進められているが、特に 10^{-9} ~ 10^{-12} 秒のピコ秒領域から 10^{-13} 秒以下のサブピコ秒領域で作動する非線形光学装置の実現が要求されている。

〔従来の技術〕

従来の非線形光学装置として、例えばGaAs/AIAs超格子を誘電体多層膜鏡でサンドウィッチした光共振器構造のものが実現されている(A. Migus et al., One-picosecond NOR gate at room temperature with a GaAs-AlGaAs multiple-quantum-well nonlinear Fabry-Perot etalon", Appl. Phys. Lett. 46(1985)70)。

この従来の非線形光学装置の動作を、第9図を

用いて説明する。

第9図は、従来の非線形光学装置のGaAs/AIAs超格子のエネルギーバンド図である。

例えばGaAsからなる幅LW1の量子井戸21とAIAsからなるバリア22とが交互に積層され、超格子構造を形成している。いま、量子井戸21の励起準位近傍の波長λの被動作光を入射して、共振条件 $m\lambda/2 = nL$ が成り立つようにすると、被動作光に対するGaAs/AIAs超格子の吸収率は極めて小さくなり、被動作光は非線形光学装置を透過することになる。ここでnは超格子の屈折率、Lは超格子の層厚、mは整数であり、更にλは励起子の吸収ピークより少しずれた波長である。

次いで、量子井戸21に自由電子又は励起子を励起するような励起子の吸収ピークに合った波長の動作光を照射すると、クーロン相互作用が自由電子によって遮蔽されるため或いは動作光によって励起された励起子の存在のために励起子の形成が阻害されて、GaAs/AIAs超格子の屈折

率が変化する。従って、共振条件が成り立たなくなつて被動作光の透過率が低減し、その結果、被動作光は非線形光学装置を透過し難くなる。

なお被動作光を、非共振条件 $(m+1)\lambda/2 = nL$ に選り、動作光を照射することによって透過率の増加を図るようにする動作も可能である。

しかし上記従来の非線形光学装置においては、パルス幅100fs(フェムト秒)の動作光パルスを照射した場合、光透過率が低下するのに要する時間は1ps(ピコ秒)以下程度と十分に速いが、光透過率が回復するのに要する時間は非常に長くなる。従って、このときの被動作光の透過率の時間的変化を示すと、第10図のグラフのようになる。即ち、この光透過率の回復の遅延は、超格子中の自由電子或いは励起子の緩和時間によって制限されるためであり、従ってこの非線形光学装置は高周波追従性を有することが妨げられる結果となる。

かかる問題を解決するために、幅の異なる量子井戸を交互に形成した超格子構造を含む光共振器

特開平4-42983 (4)

構造が提案されている（特願平1-126239号（平成元年5月19日出願）参照）。

この提案された非線形光学装置の超格子構造のエネルギーバンド図を第11図に示す。

即ち、 AlAs からなるバリア22を間に挟んで、 GaAs からなる幅 ϵ_1 の量子井戸21と幅 ϵ_2 より広い幅 ϵ_3 を有する量子井戸23とが交互に形成されている。動作光照射による狭い幅 ϵ_1 の量子井戸21の励起子の励起或いは自由電子の励起による超格子層の屈折率の変化は、従来と同様に極めて高速である。また、励起された自由電子は幅 ϵ_1 の量子井戸21からより量子単位の高い幅 ϵ_3 の量子井戸23へトンネルによって移送するため、超格子層の屈折率の始状態体への回復が極めて速い。

従って、励起子共鳴波長の動作光を照射した場合の被動作光の透過率の時間的变化を示すと、第12図(a)のグラフのようになる。即ち透過率は急激に減少すると共に、また再び急速に回復している。

共に、励起された自由電子を高速移送して超格子層の屈折率の始状態への回復を早くする高速動作ができ、従って超短時間の光パルス列に対しても応答することができる高周波応答特性に優れた光半導体装置を提供することを目的とする。

〔課題を解決するための手段〕

上記課題は、入射した光により2次元励起子が励起される第1の量子井戸層と、前記第1の量子井戸層を挟むバリア層と、前記バリア層を介して前記第1の量子井戸層に隣接する第2の量子井戸層とが周期的に形成されている超格子構造を有する光半導体装置において、前記第2の量子井戸層が互いにヘテロ接合する第1及び第2の半導体層を有すると共に、前記第1の半導体層の伝導帯の下端が前記第2の半導体層の価電子帯の上端より下に位置するブローンギャップ型ヘテロ構造を形成し、前記第1の半導体層の電子基底準位が前記第1の量子井戸層の電子基底準位よりエネルギー的に低く、かつ前記第2の半導体層の正孔基底

〔発明が解決しようとする課題〕

しかしながら上記提案された非線形光学装置においては、バリア層をトンネルする時間より広い井戸における再結合緩和時間が2桁以上長い為、動作光又は被動作光の光パルスのピーク強度を強くしていった場合、幅の広い量子井戸23へトンネルした電子又は正孔が状態密度を占有し、擬フェルミ準位が狭い量子井戸21の励起子準位と同程度になってしまうため、もはやトンネルできなくなり、第12図(b)に示されるように、始状態への回復が例えば数ナノ秒〜数十ナノ秒程度と大きく遅れることになる。

従って光パルスの時間間隔が短くなっていった場合、図中の破線で示されるように、透過率の始状態への回復を待たずに、次の光パルスがやってくることになり、透過率変化の差が減少するという問題があった。

そこで本発明は、ピーク強度の強い動作光又は被動作光に対しても、自由電子又は励起子の励起による超格子層の屈折率の変化を高速で行なうと

準位が前記第1の量子井戸層の正孔基底準位よりエネルギー的に低く、かつ前記第1の半導体層の電子基底準位が前記第2の半導体層の正孔基底準位と同準位、もしくは伝導帯と価電子帯が重なり、前記第1の量子井戸層に励起される電子及び正孔がそれぞれ前記バリア層をトンネルして前記第2の量子井戸層に移送されて、前記第2の量子井戸層の前記第1の半導体層と前記第2の半導体層とのブローンギャップ型ヘテロ界面において再結合することを経験とする光半導体装置によって達成される。

〔作 用〕

本発明によれば、被動作光によって2次元励起子が形成される第1の量子井戸層とバリア層を介して形成されている第2の量子井戸層がブローンギャップ型ヘテロ構造を有しているため、第1の量子井戸層の量子単位から電子又は正孔がバリア層をトンネルしてそれぞれ第2の量子井戸層の第1又は第2の半導体層の量子単位へエネルギー

特開平4-42983 (5)

緩和し、それら第1及び第2の半導体層のブロークンギャップ型ヘテロ界面で再結合する。

即ち、このブロークンギャップ型ヘテロ界面では電子と軽い正孔とが波動関数的に繋がっているため、電子と正孔との再結合が極めて早く、従って第1の量子井戸層から第2の量子井戸層へトンネルしてきた電子及び正孔は瞬時に再結合することができる。

これにより、エネルギーの高い励起子準位を形成する第1の量子井戸層における透過率の始状態への回復は、基本的に電子又は正孔がバリア層をトンネルする時間と第2の井戸層でのエネルギー緩和時間とに主に規定されることになり、低励起状態のみならず高励起状態下においても、また超短時間パルス列に対しても、第2の量子井戸層での再結合時間による律速を大幅に改善することができる。

〔実施例〕

以下、本発明を図示する実施例に基づいて具体

的に説明する。

第1図は本発明の一実施例による非線形光学装置を示す断面図である。

被動作光によって2次元励起子が形成される厚さ40Åの $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_{1-y}\text{Sb}_y$ ($x=y=0.5$) 量子井戸層1と、この InGaAsSb 量子井戸層1を挟んで設けられている厚さ25Åの AlSb バリア層2と、この AlSb バリア層2を介して InGaAsSb 量子井戸層1に隣接する InAs/GaSb 量子井戸層3とを1周期として80周期積層され、超格子構造を形成している。

そして InAs/GaSb 量子井戸層3においては、厚さ100Åの InAs 層4と厚さ80Åの GaSb 層5とが超格子の積層方向に積層されており、これら InAs 層4及び GaSb 層5は互いにブロークンギャップ型ヘテロ接合している。更に、この超格子の両端には、厚さ100Åの $\text{In}_{1-x}\text{Al}_x\text{Sb}$ ($x=0.5$) キャップ層6を介して Au からなる厚さ200Åのミラー層7が

設けられている。

次に、第1図の非線形光学装置における超格子構造のエネルギーバンド図を、第2図に示す。

破線1aに示される InGaAsSb 量子井戸1の電子の第1量子化準位 E_{e1} は、 $E_{e1}=229\text{meV}$ であり、破線4aに示される InAs/GaSb 量子井戸3における InAs 層4の電子の第1量子化準位 E_{e1} よりエネルギー的に大きい。同様に、破線1bに示される InGaAsSb 量子井戸1の正孔の第1量子化準位 E_{h1} は、 $E_{h1}=30\text{meV}$ であり、破線5bに示される InAs/GaSb 量子井戸3における GaSb 層5の正孔の第1量子化準位 E_{h1} よりエネルギー的に大きい。

そして InAs/GaSb 量子井戸3における InAs 層4の電子の第1量子化準位 E_{e1} と GaSb 層5の正孔の第1量子化準位 E_{h1} とは、そのブロークンギャップ型ヘテロ接合界面において、 $E_{e1}=E_{h1}$ もしくは伝導帯と価電子帯が重なった状態になっている。即ち、このブローク

ンギャップ型ヘテロ界面では、電子と軽い正孔とが波動関数的に繋がっている。

更に、図示しないが、 InGaAsSb 量子井戸1の電子の第1量子化準位 E_{e1} は、 AlSb バリア層2の間接遷移バンド端よりもエネルギー的に小さくなっている。

次に、第3図を用いて動作を説明する。

動作光の照射によって InGaAsSb 量子井戸層1に励起されていた電子及び正孔は、その動作光照射後、破線1a、1bに示される InGaAsSb 量子井戸層1の量子準位 E_{e1} 、 E_{h1} から、 AlSb バリア層2をトンネルし、それぞれ破線4a、5bに示される InAs/GaSb 量子井戸層3の InAs 層4の電子の第1量子化準位 E_{e1} 及び GaSb 層5の正孔の第1量子化準位 E_{h1} へとエネルギー緩和していく。そして InAs 層4の電子の第1量子化準位 E_{e1} と GaSb 層5の正孔の第1量子化準位 E_{h1} とが $E_{e1}=E_{h1}$ となっているブロークンギャップ型ヘテロ界面で瞬時に再結合する。

特開平4-42983(6)

従って、例えばパルス幅100fsで励起子共鳴波長の動作光を照射した場合の被動作光の透過率の時間的変化を示すと、第4図のグラフのようになる。

例えば平均パワー10μW、100MHzの低励起状態においては、第4図(a)に示されるように、透過率は急激に減少すると共にまた再び急速に回復している。これは、上記第12図に示した提案例と同様な高速応答特性である。

そして例えば平均パワー10mW、100MHzの高励起条件においても、第4図(b)に示されるように、低励起状態と同様な高速応答を示すことができる。従って第4図(b)に破線で示すように、例えばΔt=10ps程度の超短時間のパルス列に対しても、十分に始状態への回復を図ることができる。

このように本実施例によれば、被動作光によって2次元励起子が形成されるInGaAsSb量子井戸層1に隣接して、ブロークンギャップ型ヘテロ接合するInAs層4及びGaSb層5から

層2、InAs層4、及びGaSb層5を1周期として80周期繰り返して積層し、超格子構造を形成する。このとき、互いにブロークンギャップ型ヘテロ接合しているInAs層4及びGaSb層5は、AlSbバリア層2に対してInAs/GaSb量子井戸層3を形成している。

そして再び、厚さ100ÅのInAlSbキャップ層6を形成した後、厚さ200ÅのAuからなるミラー層7を蒸着する(第5図(a)参照)。更に裏面からInAs基板8をエッチングにより除去した後、InAlSbキャップ層6底面に200Åのミラー層7を蒸着する(第5図(b)参照)。

このようにして、AlSbバリア層2を介して、InGaAsSb量子井戸層1とブロークンギャップ型ヘテロ接合するInAs層4及びGaSb層5からなるInAs/GaSb量子井戸層3とが隣接する超格子の両端にミラー層7を設けた光共振器を形成する。

次に、本発明の他の実施例について、第6図及

なるInAs/GaSb量子井戸層3を形成していることにより、InGaAsSb量子井戸層1に励起されていた電子及び正孔が、InAs/GaSb量子井戸層3にトンネルしてInAs層4とGaSb層5とのブロークンギャップ型ヘテロ界面で瞬時に再結合するため、低励起状態においてのみならず高励起条件においても超高速動作を行なうことができる。従って、超短時間のパルス列に対しても、十分に始状態への回復を図ることができ、高速応答性を実現することができる。

次に、第1図に示す非線形光学装置の製造方法を、第5図を用いて説明する。

例えばInAs(001)基板8の上に、MBE成長法を用い、厚さ100ÅのInAlSbキャップ層6を介して、厚さ25ÅのAlSbバリア層2、厚さ40ÅのInGaAsSb量子井戸層1、厚さ25ÅのAlSbバリア層2、厚さ100ÅのInAs層4、厚さ80ÅのGaSb層5を順に積層する。そしてAlSbバリア層2、InGaAsSb量子井戸層1、AlSbバリア

び第7図を用いて説明する。

第6図は本発明の他の実施例による非線形光学装置を示す断面図、第7図(a)は第6図の非線形光学装置のA-A線断面における超格子構造のエネルギーバンド図、第7図(b)はB-B線断面における超格子構造のエネルギーバンド図である。

厚さ25ÅのAlSbバリア層2、厚さ40ÅのInGaAsSb量子井戸層1、厚さ25ÅのAlSbバリア層2、及び厚さ100ÅのInAs/GaSb量子井戸層13を1周期とし80周期積層され、超格子構造を形成している。そしてInAs/GaSb量子井戸層13においては、超格子の積層方向と直角な水平方向に幅174ÅのInAs層14と幅174ÅのGaSb層15とが周期的に形成され、互いにブロークンギャップ型ヘテロ接合する量子細線となっている。そしてこれら80周期の超格子の両端は、InAlSbキャップ層6を介してミラー層7が設けられ光共振器構造となっている。

特開平4-42983(7)

即ち、上記第1図に示す非線形光学装置においては、AlSbバリア層2を介してInGaAsSb量子井戸層1に隣接するInAs/GaSb量子井戸層3の互いにブロークンギャップ型ヘテロ接合するInAs層4とGaSb層5とが、超格子の積層方向に沿って積層されているのに対して、第6図に示される本実施例による非線形光学装置の場合、AlSbバリア層2を介してInGaAsSb量子井戸層1に隣接するInAs/GaSb量子井戸層13の互いにブロークンギャップ型ヘテロ接合するInAs層14とGaSb層15とは、量子細線として、超格子の積層方向と直角な水平方向に周期的に形成されていることに特徴がある。

また、破線14a、15bに示されるInAs/GaSb量子井戸13におけるInAs層14の電子の第1量子化準位 E_{e1} 及びGaSb層15の正孔の第1量子化準位 E_{h1} は、それぞれ上記第2図の破線4a、5bに示されるInAs/GaSb量子井戸3におけるInAs層4の電子

の第1量子化準位 E_{e1} 及びGaSb層5の正孔の第1量子化準位 E_{h1} と同等である。

従って、上記第3図を用いて説明した動作と同様に、動作光の照射によってInGaAsSb量子井戸層1に励起された電子及び正孔は、破線1a、1bに示されるInGaAsSb量子井戸層1の量子準位 E_{e1} 、 E_{h1} から、AlSbバリア層2をトンネルし、それぞれ破線14a、15bに示されるInAs/GaSb量子井戸層13のInAs層14の電子の第1量子化準位 E_{e1} 及びGaSb層15の正孔の第1量子化準位 E_{h1} へとエネルギー緩和し、そのブロークンギャップ型ヘテロ界面で瞬時に再結合する。

こうして、本実施例においても、上記第4図のグラフに示される効果と同様の効果を奏することができる。

次に、第6図に示す非線形光学装置の製造方法を、第8図を用いて説明する。

InAs(001)基板8表面を[110]方向に傾斜角 $\theta = 0.5^\circ$ で傾斜させる。これによ

り、InAs基板8表面には段差 $a/2$ (ここで、 a は格子定数とする。)及びステップ長 $l \approx 347$ Åの階段状の傾斜面が形成される(第8図(a)参照)。

次いで、このInAs基板8の傾斜面上に、MBE成長法を用いて、厚さ100ÅのInAlSbキャップ層6を介して、厚さ25ÅのAlSbバリア層2、厚さ40ÅのInGaAsSb量子井戸層1、厚さ25ÅのAlSbバリア層2を順に積層する。

続いて、AlSbバリア層2上に、InAs/GaSb量子井戸層13を成長させる。このとき、InAs基板8表面が 0.5° 傾斜しているために、1分子層厚のステップ間隔は約347Åとなる。従って、ステップフローモードによって174ÅごとにInAs層14及びGaSb層15を繰り返し成長させることにより、幅174Å、厚さ100ÅのInAs層14からなる量子細線及びGaSb層15からなる量子細線を周期的に形成する。こうして、互いにブロークンギャップ型

ヘテロ接合しているInAs層14とGaSb層15とが量子細線として周期的に配列された厚さ100ÅのInAs/GaSb量子井戸層13が形成される。

なお、傾斜角やステップ長内でのInAs層14とGaSb層15との幅の比率は、これら2つの量子細線の作るInAs/GaSbの量子化準位とInGaAsSb量子井戸層1及びAlSbバリア層2の作るInGaAsSb/AlSbの量子化準位との兼ね合いで適当に選ぶことができる。

こうして、AlSbバリア層2、InGaAsSb量子井戸層1、AlSbバリア層2、及びInAs層14とGaSb層15とが量子細線として周期的に配列されたInAs/GaSb量子井戸層13を1周期として80周期繰り返し積層し、超格子構造を形成する。そして再び、厚さ100ÅのInAlSbキャップ層6を形成した後、厚さ200ÅのAuからなるミラー層7を蒸着する(第7図(b)参照)。

特開平4-42983 (8)

更に、図示はしないが、裏面からInAs基板8をエッチングにより除去した後、InAs/Sbキャップ層6底面に200Åのミラー層7を蒸着して、第5図に示すような光共振器構造を形成する。

なお、上記2つの実施例においては、InGaAsSb量子井戸層1の厚さは40Åであるが、この厚さは、入射した光により2次元励起子が励起されると共に、InGaAsSb量子井戸1の電子の第1量子化準位 E_{e1} 及び正孔の第1量子化準位 E_{h1} がそれぞれInAs/GaSb量子井戸3、13におけるInAs層4、14の電子の第1量子化準位 E_{e1} 及びGaSb層5、15の正孔の第1量子化準位 E_{h1} よりエネルギー的に大きく、またInGaAsSb量子井戸1の電子の第1量子化準位 E_{e1} がAsSbバリア層2の間接遷移バンド端よりもエネルギー的に小さくなるように選ばれていればよい。

また、ブロークンギャップ型ヘテロ構造を形成する2つの半導体層の材料としてはInAs/G

aSbの組合せを用いたが、これら以外にも例えばInAs/GaAs_{1-x}Sb_xを用いてもよい。このときの超格子構造を製造する際にはInAs基板を用いる。また、InAs_{1-y}Sb_y/GaSbであってもよい。このときには、GaSb基板を用いる。

〔発明の効果〕

以上のように本発明によれば、入射した光により2次元励起子が励起される第1の量子井戸層にバリア層を介して第2の量子井戸層が隣接され、この第2の量子井戸層が互いにブロークンギャップ型ヘテロヘテロ接合する第1及び第2の半導体層を有していることにより、第1の量子井戸層に励起される電子及び正孔がそれぞれバリア層をトンネルして第2の量子井戸層に移送されて、その第1の半導体層と第2の半導体層とのブロークンギャップ型ヘテロ界面において瞬時に再結合するため、低励起状態のみならず高励起状態下においても、自由電子又は励起子の励起による超格子層

の屈折率の変化を高速で行なうと共に、励起された自由電子を高速移送して超格子層の屈折率の始状態への回復を早くすることができる。

これにより、ピーク強度の強い動作光又は被動作光に対しても高速動作することができ、従って超短時間パルス列に対しても応答することができる高周波応答特性を実現することができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例による非線形光学装置を示す断面図、

第2図は第1図の非線形光学装置のエネルギーバンド図、

第3図は第1図の非線形光学装置の動作を説明するための図、

第4図は第1図の非線形光学装置の動作特性を示すグラフ、

第5図は第1図の非線形光学装置の製造方法を示す図、

第6図は本発明の他の実施例による非線

形光学装置を示す断面図、

第7図は第6図の非線形光学装置のエネルギーバンド図、

第8図は第6図の非線形光学装置の製造方法を示す図、

第9図は従来の非線形光学装置のエネルギーバンド図、

第10図は第9図の非線形光学装置の動作特性を示すグラフ、

第11図は従来の非線形光学装置のエネルギーバンド図、

第12図は第11図の非線形光学装置の動作特性を示すグラフである。

図において、

1……InGaAsSb量子井戸層、

2……AsSbバリア層、

3、13……InAs/GaSb量子井戸層、

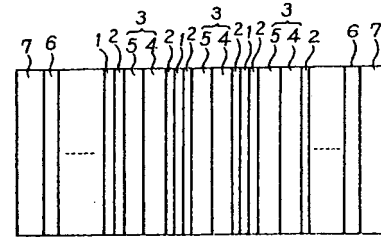
4、14……InAs層、

5、15……GaSb層、

- 6 …… InAlSb キャップ層、
 7 …… ミラー層、
 8 …… InAs 基板、
 21、23 …… 量子井戸、
 22 …… バリア。

出願人 富士通株式会社
 代理人 弁理士 北野 好 人

特開平4-42983 (9)

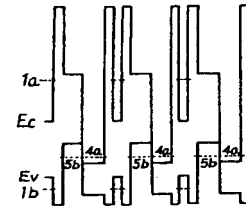


- 1 : InGaAsSb 量子井戸層 4 : InAs 層 7 : ミラー層
 2 : AlSb バリア層 5 : GaSb 層
 3 : InAs/GaSb 量子井戸層 6 : InAlSb キャップ層

本発明の一実施例による非線形光学装置を示す断面図

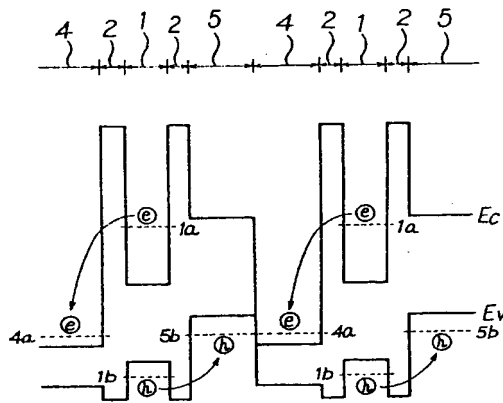
第 1 図

1 2 5 4 2 1 2 5 4 2 1 2 5 4 2

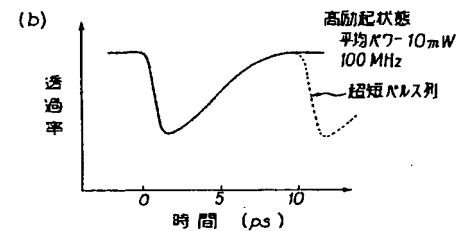
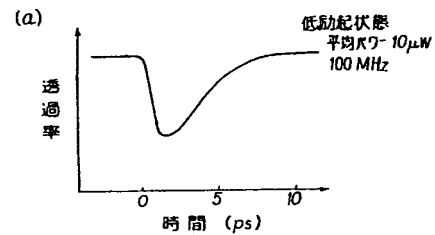


第1図の非線形光学装置のエネルギーバンド図

第 2 図

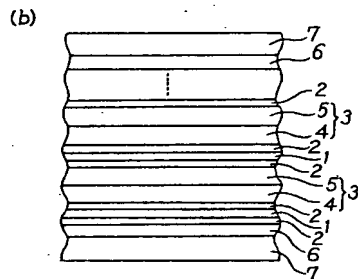


第1図の非線形光学装置の動作を説明するための図
 第 3 図

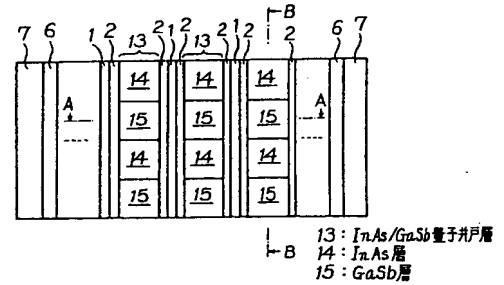


第1図の非線形光学装置の動作特性を示すグラフ
 第 4 図

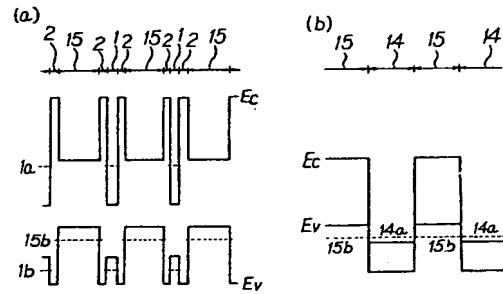
特開平4-42983 (10)



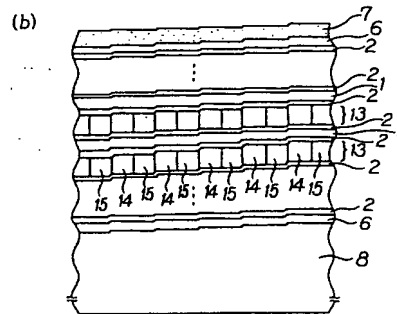
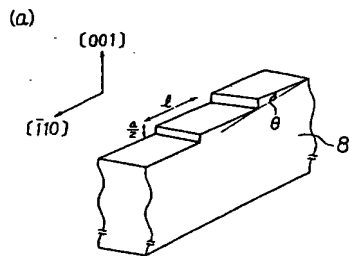
第 1 図の非線形光学装置の製造方法を説明するための図
第 5 図



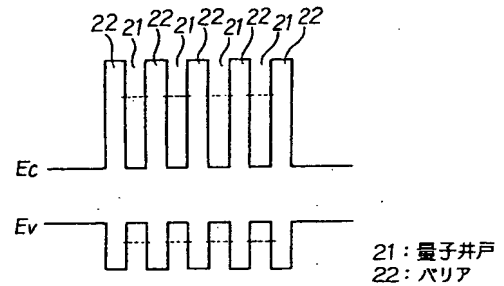
本発明の他の実施例による非線形光学装置を示す断面図
第 6 図



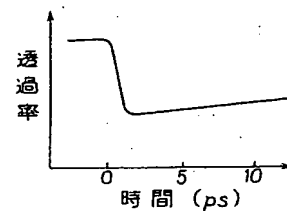
第6図の非線形光学装置エネルギーバンド図
第7図



第6図の非線形光学装置の製造方法を説明するための図
第 8 図

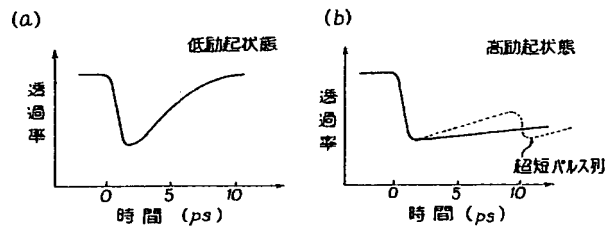
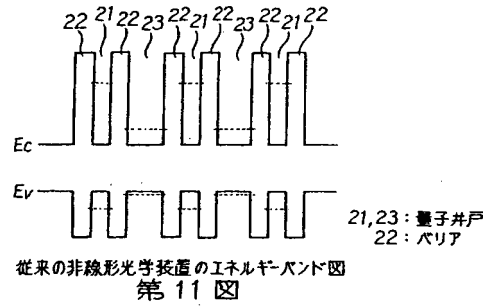


従来の非線形光学装置のエネルギーバンド図
第 9 図



従来の非線形光学装置の動作特性を示すグラフ
第 10 図

特開平4-42983 (11)



従来の非線形光学装置の動作特性を示すグラフ

第 12 図

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第7部門第2区分

【発行日】平成10年(1998)8月21日

【公開番号】特開平4-42983

【公開日】平成4年(1992)2月13日

【年通号数】公開特許公報4-430

【出願番号】特願平2-147897

【国際特許分類第6版】

H01S 3/18

【F1】

H01S 3/18

手続補正書

平成 8 年 1 1 月 7 日

特許庁長官殿

1 事件の表示

平成 2 年特許願第 1 4 7 8 9 7 号

2 補正をする者

事件との関係 特許出願人

522 富士通株式会社

3 代理人

東京都新宿区大京町9番地

エクスード四谷2階〔電話03(5379)8181〕

8747 赤堀士 北野 好 人

4 補正命令の口付 自 完

5 補正により増加する請求項の数

0

6 補正の対象

明細書の「特許請求の範囲」及び「発明の詳細な説明」の各欄

7 補正の内容

(1) 明細書中、特許請求の範囲を頁紙の通り訂正する。

(2) 同、第7頁第13～15行の「かつ前記第1の…個電子帯が重なり、」を削除する。

(3) 同、第14頁第2～4行の「かつ前記第1の…個電子帯が重なり、」を削除する。

以上

特許請求の範囲

1. 入射した光により2次元励起子が励起される第1の量子井戸層と、前記第1の量子井戸層を挟むバリア層と、前記バリア層を介して前記第1の量子井戸層に隣接する第2の量子井戸層とが周期的に形成されている超格子構造を有する光半導体装置において、

前記第2の量子井戸層が互いにヘテロ接合する第1及び第2の半導体層を有すると共に、前記第1の半導体層の伝導体の下端が前記第2の半導体層の価電子層の上端より下に位置するブローンギャップ型ヘテロ構造を形成し、

前記第1の半導体層の電子基底準位が前記第1の量子井戸層の電子基底準位よりエネルギー的に低く、かつ前記第2の半導体層の正孔基底準位が前記第1の量子井戸層の正孔基底準位よりエネルギー的に低く、

前記第1の量子井戸層に励起される電子及び正孔がそれぞれ前記バリア層をトンネルして前記第2の量子井戸層に移送されて、前記第2の量子井戸層の前記第1の半導体層と前記第2の半導体層とのブローンギャップ型ヘテロ界面において再結合する

ことを特徴とする光半導体装置。

2. 請求項1記載の装置において、

前記第2の量子井戸層の前記第1の半導体層と前記第2の半導体層とが、前記第1の量子井戸層及び前記バリア層の積層方向に積層されている

ことを特徴とする光半導体装置。

3. 請求項1記載の装置において、

前記第2の量子井戸層の前記第1の半導体層と前記第2の半導体層とが、前記第1の量子井戸層及び前記バリア層の積層方向に対して水平方向に周期的に形成されている

ことを特徴とする光半導体装置。

4. 請求項3記載の装置において、

前記第2の量子井戸層の周期的に形成されている前記第1の半導体層と前記第2の半導体層とが、それぞれ量子細線である

ことを特徴とする光半導体装置。

5. 請求項1乃至4のいずれか1項に記載の装置において、

前記第1の量子井戸層と、前記バリア層と、前記第1及び第2の半導体層を有する前記第2の量子井戸層とが周期的に形成されている超格子の両側に、光学的鎖が設けられている

ことを特徴とする光半導体装置。

6. 基板の上に、第1のバリア層を介して、入射した光により2次元励起子が励起される第1の量子井戸層を形成し、

前記第1の量子井戸層上に、第2のバリア層を形成し、

前記第2のバリア層上に、電子基底準位が前記第1の量子井戸層の電子基底準位よりエネルギー的に低い第1の半導体層と、正孔基底準位が前記第1の量子井戸層の正孔基底準位よりエネルギー的に低い第2の半導体層とを積層させることにより、前記第1の半導体層の伝導体の下端が前記第2の半導体層の価電子層の上端より下に位置するようにブローンギャップ型ヘテロ接合している前記第1及び第2の半導体層からなる第2の量子井戸を形成し、

前記第1のバリア層、前記第1の量子井戸層、前記第2のバリア層、並びに積層された前記第1及び第2の半導体層を有する前記第2の量子井戸層を1周期として繰り返し積層することにより、超格子を形成し、

前記超格子上面に光学的鎖を設け、

前記基板をエッチング除去した後、前記超格子底面に光学的鎖を設ける

ことを特徴とする光半導体装置の製造方法。

7. 表面を所定の角度に傾斜させた基板の上に、第1のバリア層を介して、入射した光により2次元励起子が励起される第1の量子井戸層を形成し、

前記第1の量子井戸層上に、第2のバリア層を形成し、

前記第2のバリア層の傾斜した表面上に、電子基底準位が前記第1の量子井戸層の電子基底準位よりエネルギー的に低い第1の半導体層と、正孔基底準位が前記第1の量子井戸層の正孔基底準位よりエネルギー的に低い第2の半導体層とを、ステップフローモードによって前記第1の量子井戸層及び前記バリア層の積層方向に対して水平方向に周期的に成長させ、前記第1の半導体層の伝導体の下端が前記第2の半導体層の価電子層の上端より下に位置するようにブローンギャ

ップ型ヘテロ接合している前記第1及び第2の半導体層の周期構造を有する第2の量子井戸を形成し、

前記第1のバリア層、前記第1の量子井戸層、前記第2のバリア層、並びに周期的に形成された前記第1及び第2の半導体層を有する前記第2の量子井戸層を1周期として繰り返し積層することにより、超格子を形成し、

前記超格子上面に光学的鎖を設け、

前記基板をエッチング除去した後、露出した前記超格子底面に光学的鎖を設ける

ことを特徴とする光半導体装置の製造方法。